

原子力発電所における避難誘導表示の設置方法の検討

Study on the Installation of the Evacuation Guide Signs in a Nuclear Power Plant

松井 裕子 (Yuko Matsui)*¹ 大内 啓子 (Hiroko Ohuchi)*² 赤木 重文 (Shigefumi Akagi)*²
佐藤 武好 (Takeyoshi Sato)*³ 濱崎 賢一 (Kenichi Hamasaki)*¹

要約 原子力発電所におけるサインシステムについて、円滑な避難行動を導く誘導表示の設置方法を検討するために、プラント内部の3D模擬環境を作成して実験を行なった。実験条件は誘導表示の設置方法で、避難誘導表示の種類と表示の設置高の異なる3水準を設定した。実験における被験者の課題は、①火災を想定してできるだけ速く避難口まで移動すること、②移動中に手がかりとして利用した表示の報告および各表示のわかりやすさの評価、③各設置方法の誘導表示のわかりやすさの総合的評価であった。

総合的な評価は、床面にも避難誘導表示を設置し、表示の設置高を床面から1000mmとした条件で高かった。また個別の表示では、通路避難誘導灯について、統計的有意には達しなかったものの、床面から1000mmの高さに設置された条件で最もわかりやすいと評価される傾向が示された。さらに、移動者と誘導表示の位置関係を考慮する必要性が示唆された。

キーワード 避難誘導表示, 避難行動, 3Dシミュレーション環境

Abstract In order to study the desirable sign system that leads people to the proper evacuation behavior in the nuclear plant, an experiment was conducted by using 3D simulation of a part of the nuclear buildings. As the condition of the experiment, 3 different simulations on the type of guide signs and the height of installation were provided. Participants in the experiment were asked : <1> to reach the emergency exit as quickly as possible in case of the imaginary fire, <2> to report the signs utilized for finding the way during his evacuation, and to evaluate their comprehensibility, <3> to evaluate synthetically each installation and guide signs from the view point of comprehensibility. Synthetic evaluation was highly rated when we indicated the signs on the face of the floor additionally and installed the guide signs at a height of 1000mm above the floor. For the individual guide sign, it tended to evaluate mostly comprehensible that the pathway guide sign was installed at 1,000mm above the floor, though it did not reach a statistical significant level. Furthermore, the necessity was suggested to take into consideration on the spatial relationship between a moving person and the guide signs.

Keywords Emergency exit sign, Evacuation behavior, 3D simulation environment

1. はじめに

一般的な避難誘導表示のデザインおよび設置位置に関しては、消防法施行規則第28条の3に基づく「誘導灯及び誘導標識の基準」(平成11年消防庁告示第2号)および消防予第245号に定められており、避難口誘導灯は「避難口の上部又はその直近の避難上有効な箇所」に、通路避難誘導灯は廊下又は通路の①「曲がり角」②「避難口誘導灯の有効範囲の箇所」③「廊下又は通路の各部分を通路誘導灯の範囲内に包括するために必要な箇所」に設置することとなっている。

誘導灯に関する研究は、誘導灯の誘目性に関するもの(神・山田・河合・高橋, 1987; 佐野郁・志田・佐野友紀, 2001)があり、誘導灯の誘目性の規定因が誘導灯の見かけ上の大きさと輝度であることを示している。また、照明学会を中心にして誘導灯の見え方に関する体系的な調査研究が行なわれてきた(山田, 2000)。しかし、平成11年の消防法改正まで「誘導灯及び誘導標識の基準」(昭和48年消防庁告示第13号)において設置高が定められていたことも関係し、設置高を含めた設置位置に関する検討は数少ない。

* 1 (株)原子力安全システム研究所 社会システム研究所

* 2 (財)日本色彩研究所

* 3 (株)エナジス

原子力発電所における表示類については、わかりやすい作業空間の構成を目的とした検討や研究が行われてきた。中でも、福井・名取・赤木・桜井(1998)は、当時まだ誘導表示の導入が進んでいなかった発電所において、従業員の意見を踏まえた表示類を提案した。福井ら(1998)は、更に実際の発電所内に仮設した表示に対しても従業員の評価を求め、それぞれの表示の設置方法に関する留意点を述べた。現在、関西電力株式会社の保有する原子力発電所には、福井ら(1998)の提案に基づくサインシステムが導入されている。

しかし、福井ら(1998)において検討対象となったのは、当時不足していた通常時に必要となる出入管理室やエレベータ、建屋名などを記載した一般的な誘導表示が中心であった。非常時のための避難口誘導灯や避難誘導表示については、消防法の規定により既に設置されていたためか検討されていない。従って、現状のサインシステムが非常時の避難行動をどのように誘導するかはまだ検討されていないと言える。

原子力発電所に特有の事情として、放射線遮蔽を考慮した内部構造の複雑さがあり、上述のような通常の発電所内の移動を誘導するための表示も数多く設置されている。また、誘導表示以外にも、危険箇所の表示や安全意識を喚起する表示など様々な表示が存在する。これらの数ある表示の中で、避難誘導表示は被災時の人命救助のために極めて重要な役割を担っており、他の表示よりも視認しやすいことが求められることは言うまでもない。上述のように、

設置位置に関する規定が削除されたことも併せ、発電所内の環境にあった適切な設置方法を現実に近い環境で検討することが急務であると考ええる。

2. 目的

これらの背景のもと、本研究では、プラントにおける避難行動を円滑に誘導する誘導表示の設置方法を明らかにすることを目的とする。そのために、原子力発電所内部を再現した3Dの模擬環境を作成し、誘導表示の設置位置や設置する表示の種類を操作した。この模擬環境内のある地点から避難階までの移動を被験者に課すことによって、被験者の避難行動が最も円滑に行なわれる表示の設置方法を検討する。

3. 方法

3.1 被験者

正常な視機能を有する18歳以上の12名(男性10名、女性2名)。

3.2 実験日時および場所

平成16年12月28日～平成17年1月19日。
被験者は、それぞれの所属組織によって、4箇所の実験会場(N大学・S社・E社・I社)のいずれかに振り分けられた。



図1 模擬環境内に設置した表示の種類

3.3 材料

3.3.1 模擬環境

被験者に呈示した模擬環境は原子炉格納容器の外周建屋と補助建屋に相当し、天井高はプラント内でサイン設置が可能となる2700mmとした。模擬環境の作成にはBlender Foundation社製のBlenderを用いた。模擬環境内では、キーボードの矢印キーによって前進、後退、および左右の回転が、また、テンキーによって視線を上下に向けることが可能であった。

模擬環境内には、既存の発電所で用いられている以下の表示を設置した：①通路避難誘導灯②階段昇降方向表示③床面避難誘導表示④避難口誘導灯⑤一般誘導表示⑥床面一般誘導表示⑦配置図⑧建屋名称・室名表示⑨消火栓表示。実際に用いた表示を図1に示す。

3.3.2 実験設備

模擬環境の再生にはパーソナルコンピュータを用い、プロジェクトによってスクリーンに投影した。また、被験者の模擬環境内での移動の様子（経路と所要時間）を記録するために、三脚上にビデオカメラを設置した（図2）。用いた機材は、上述の実験会



図2 実験風景および実験設備
(左図：実験風景(N大学), 右図：実験設備(S社))

場のうちN大学とS社では同じであったが、E社、I社ではそれぞれ異なるものを使用した。

画面からの視距離は、3D模擬環境の画像の設定画面角(約50度)にあわせて設定した。具体的には、スクリーンに投影した画像の横幅110cm、スクリーンから被験者までの距離は約120cmとした。

3.3.3 質問票

模擬環境での移動後に被験者が通過した箇所に設置されていた表示について評価するための質問票を作成した。質問票は場面ごとに作成し、1枚の質問票は、当該場面の画像と、その画像に含まれる表示についての①避難時に参考としたか(2択)、②わかりやすさ(5段階評価)、③評価理由・自由意見の3項目で構成された。

表1 模擬環境内に設置された表示類の設置方法

	設置方法 A	設置方法 B	設置方法 C
通路避難誘導灯	上端が床上約 60cm ¹⁾	眼高よりも上に設置	上端が床上 100cm ⁴⁾
階段昇降方向表示	なし	眼高よりも上に設置	上端が床上 100cm ⁴⁾
床面避難誘導表示	なし	通路交差部と通路避難誘導灯間中央付近の床面に設置	
避難口誘導灯		扉上部	
一般誘導表示	モデルサイトの設置状況に準じる	誘導灯よりも下部に設置。基本的に壁面設置型。吊り下げ式の場合は下端が床上 210cm ²⁾	吊り下げ式、壁面設置ともに下端が床上 210cm
床面一般誘導表示	一般誘導表示および建屋名称・室名表示の設置箇所の床面		
配置図		中央部が眼高 ³⁾	
建屋名称・室名表示		扉上部	

1) モデルサイトの設置状況に準じる。

2) (株)原子力安全システム研究所(未公刊)に基づく。また、上述の眼高と視角に基づいて視距離と視角(最適視野)の関係を算出したところ、2100mmは1~2mの近距離や3~5mの中距離からでも確認が可能との結果を得た。

3) 配置図：至近距離で表示の内容を読み取るサイン表示は、視距離50cmで確認しやすい位置(中央労働災害防止協会, 1993, p.107; 日本建築学会, 1980, p.42)に配置。

4) 誘導灯は内照式の高輝度発光体であるため、眼高近くの設置は避ける。

3.4 実験条件

本研究では、通路避難誘導灯、一般誘導表示、床面避難誘導表示に焦点を当て、表示の設置方法を実験条件として操作し、総合的に設置方法A・B・Cの3水準として設定した(表1)。各水準の特徴は以下のとおりであった。

設置方法Aは現状に準じた設置方法で、避難誘導表示よりも通常業務上の移動における一般誘導表示を優先し、旧消防法に基づき、通路避難誘導灯を上端が床面から約60cmとなるように設置した。床面避難誘導表示は設置されていない。

設置方法Bは、現状に準じた設置方法Aよりも避難誘導表示を優先し、通路避難誘導灯を日本人男性の平均眼高(約160cm:日本建築学会, 1980, p.8)よりも上に設置した。更に、通路床面にも避難誘導表示を設置した。また、一般誘導表示は壁面設置を中心とした。

設置方法Cは、避難誘導表示を優先させ、通路床面にも避難誘導表示を設置した点で設置方法Bと同じであったが、通路避難誘導灯の設置高を誘導灯の上端が床面より約100cmとし、一般誘導表示を吊り下げ式中心とした点で設置方法Bと異なっていた。

また、設置方法BおよびCにおける各種表示の設置高は、日本人男性の平均身長(約170cm:河内・持丸・岩澤・三谷, 2000)や眼高(約160cm:日本建築学会, 1980, p.8)、視角(日本建築学会, 1980, p.42)等を考慮して設定した。

ただし、模擬環境内の表示の設置は、環境の構成等により、これらの設置方法に厳密には従っていない場面もあることを記しておく。

3.5 実験課題

3.5.1 避難課題

被験者の課題は、スタート地点から避難階まで移動することであった。

スタート地点は被験者が避難経路を学習することを避けるため、以下の条件を満たす2地点を設定した(図3):①両側矢印の通路避難誘導灯が設置されている、②スタート地点から避難階までの経路上に設置される表示の個数がほぼ同数である、③避難階までの移動距離がほぼ等しい。

避難口は外周建屋階段と中央階段(それぞれ、図

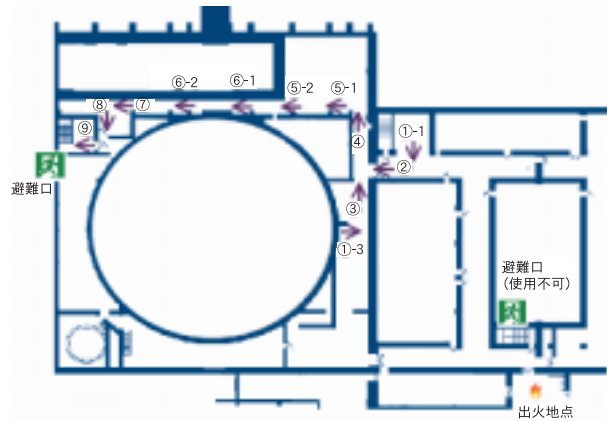


図3 模擬環境の構成および、各場面と避難口、出火地点の配置:①-1~⑨までの数字は、最短経路を移動した場合に、表示の利用報告とわかりやすさの評価を行なった場面。スタート地点は①-1および①-3。

3中の「避難口」「避難口(使用不可)」の2箇所としたが、実験上の状況設定では、中央階段付近の出入管理室付近で火災が発生し、中央階段の避難口は利用できないこととした。

3.5.2 表示に対する評価

表示の利用しやすさを評価するために、被験者の移動経路上に設置された表示について、①避難に際して参考にしたか否か、②表示のわかりやすさ(5段階評価)、③評価理由など自由記述を求めた。

調査対象とした場面は、環境全体では、設置方法Aで30場面、設置方法BおよびCでは34場面であった。スタート地点から避難口までの最短経路を移動した場合には、全ての設置方法とも10場面となった。評価対象は、各場面の映像上に映された全ての表示とした。経路を誤るなどして、同一地点を複数回通過したときには、その都度評価を求めた。

さらに、全ての課題が終了した時点で、各設置方法の総合的なわかりやすさを、順位付けによって評価するように求めた。

3.6 手続き

3.6.1 教示

まず、被験者に実験の目的が原子力発電所内での円滑な避難行動のための誘導表示設置方法の検討であることを告げ、課題およびシミュレーションの操

作方法の説明を行った。次いで、模擬環境内に設置された表示の種類を用紙に印刷した表示の画像を用いて説明した。更に、実験状況における出火場所と、出火場所付近の避難口が利用できないことを告げ、火災発生にともなう避難として確実にすばやく移動するように求めた。

3.6.2 避難課題

次に、被験者は避難課題を行った。実験順序は3つの設置方法条件間でカウンターバランスした。また、避難経路を記憶しないように、異なる2地点を交互にスタート地点とした。

避難課題中、実験者はスクリーンをビデオカメラで記録すると同時に、被験者の移動経路を確認し、経路上に設置された表示を含む質問票を選択した。

3.6.3 表示に対する評価

避難課題が1回終了するごとに、被験者は実験中のスクリーンを記録したビデオ映像を見ながら、移動経路上に設置されている表示について、避難移動に際して利用したか否か、各表示のわかりやすさについての評価および、評価理由について質問票に記入するよう求められた。各評価地点では、ビデオは一時停止され静止画面とされた。

また、3つ全ての設置方法に対する課題を終了した後、すなわち避難課題と表示に対する評価を3回ずつ行った後に、3つの設置方法について、総合的なわかりやすさで順位づけを求めた。

4. 結果

4.1 総合評価

3つの設置方法のいずれが全体として最もわかりやすい方法であったかを調べるために、すべての試行の終了後に、3つの設置方法を順序付けするよう求めた。表2は、各設置方法について各順位をつけた被験者の人数を示したものである。設置方法Cを最もわかりやすいとする評価が最も多く、設置方法Aが最もわかりにくいとする評価が最も多かった。正確有意確率を用いた χ^2 検定の結果、設置方法AおよびBの順位と設置方法Cの順位との間に有意差が認められ、設置方法Cは他の2条件に比べてわかりやすいと評価

表2 各設置方法のわかりやすさの順位付け結果

設置方法	1位	2位	3位	平均順位
A	0	4	8	2.67
B	2	6	4	2.17
C	10	2	0	1.17
計	12	12	12	

単位：人

されたことが示された($\chi^2(2)=14.00, p<.001$)。

4.2 表示の利用

設置方法が被験者の表示利用と表示のわかりやすさに及ぼした影響を検討するために、全ての被験者が通過した経路(最短経路)上の表示について、各被験者がそれぞれの表示を利用した試行の割合(以下、利用率)および各表示のわかりやすさの平均評定値を算出した。

4.2.1 床面避難誘導表示の効果

設置方法B、Cでは、避難誘導表示として、通路避難誘導灯に加えて床面避難誘導表示を設置した(場面2, 3, 5-1, 6-1, 8)。床面避難誘導表示設置の有効性を検討するにあたり、次の2点を検討する：①設置方法B、Cにおける床面避難誘導表示のわかりやすさの評価および利用率のその他の表示との比較、②床面避難誘導表示以外の表示の評価および利用率の設置方法AとB、Cとの比較。①では床面避難誘導表示が他の表示よりもわかりやすいと評価、あるいは利用されていれば、床面避難誘導表示が被験者にとって有用であったと判断できるであろう。②では、床面避難誘導表示以外の表示のわかりやすさの評価や利用率が設置方法Aと設置方法B、Cとの間で異なっていれば、床面避難誘導表示の影響があったと推測できると考える。

① 床面避難誘導表示とその他の表示との比較

a わかりやすさの評定

まず、設置方法BおよびCにおいて被験者ごとに各表示のわかりやすさの平均評定値を算出した上で、全被験者の平均評定値を算出した(表3)。その結果、床面避難誘導表示のわかりやすさの評価は、設置方法Bにおいて避難口誘導灯と一般誘導表示に次いで高



図4 各設置方法における床面避難誘導表示の設置状況の例
(左から、設置方法A, B, C. 上段から場面3, 5-1, 8)

表3 設置方法別の各表示のわかりやすさ平均評定値

	設置方法 A		設置方法 B		設置方法 C		分散分析結果		
	d1	d2	F						
通路避難誘導灯	2.6	(1.46)	2.5	(1.40)	2.9	(1.24)	2	20	1.314
床面避難誘導	-	-	3.5	(0.69)	3.9	(0.76)	-	-	-
避難口誘導灯	4.7	(0.5)	4.5	(0.71)	4.4	(0.84)	2	22	.234
一般誘導	3.7	(1.30)	3.6	(1.17)	3.5	(1.27)	2	20	.051
床面一般誘導	2.6	(1.36)	2.2	(1.23)	2.6	(1.26)	2	14	.304
配置図	3.8	(1.30)	2.8	(1.75)	2.6	(1.58)	2	18	2.751+

括弧内は標準偏差。—は未設置を表わす。+ p<.1.

く、設置方法Cにおいても避難口誘導灯に次いで高かった。設置方法B, Cにおける表示の種類による平均評定値の差を分散分析によって検討したところ、両条件において表示の種類の主効果が有意であった（設置方法B：F(5,45)=6.261, p<.001；設置方法C：F(5,45)=5.004, p<.001）。多重比較（Bonferroni）の結果、設置方法Bにおいて床面避難誘導表示は避難口誘導灯よりもわかりやすさの評価が有意に低かった（p<.01）が、その他の表示との間に有意な差は見られなかった。設置方法Cにおいても、床面避難誘導表示とその他の

表示のわかりやすさに有意な差は認められなかった。

その他の表示間のわかりやすさの差については、設置方法Bでは、避難口誘導灯のわかりやすさが床面一般誘導表示、通路避難誘導灯のわかりやすさより有意に評価が高く（それぞれ、p<.001, p<.05）、設置方法Cでは、避難口誘導灯のわかりやすさが床面一般誘導表示よりも有意に高いことが示された（p<.05）。

b 利用率

同様に、各表示の利用率についても被験者ごとに

表4 設置方法別の各表示の平均利用率

	設置方法 A		設置方法 B		設置方法 C		分散分析結果		
							d1	d2	F
通路避難誘導灯	0.36	(0.460)	0.43	(0.452)	0.45	(0.334)	2	22	.168
床面避難誘導	-	-	0.73	(0.279)	0.81	(0.155)	-	-	-
避難口誘導灯	1.00	(0.000)	1.00	(0.000)	1.00	(0.000)	-	-	-
一般誘導	0.67	(0.492)	0.79	(0.396)	0.75	(0.452)	2	22	.391
床面一般誘導	0.33	(0.444)	0.17	(0.389)	0.33	(0.492)	2	22	.880
配置図	0.50	(0.522)	0.38	(0.483)	0.17	(0.389)	2	22	1.960

括弧内は標準偏差。—は未設置を表わす。



図5 階段室に設置された避難誘導表示（場面9）
左から、設置条件A, B, C

計算し、全被験者の平均利用率を算出した（表4）。その結果、床面避難誘導灯の利用率は、設置方法Bでは避難口誘導灯、一般誘導表示に次いで、設置方法Cでは避難口誘導灯に次いで高かった。

設置方法B, Cにおける表示の種類による利用率の差を分散分析によって検討したところ、いずれも表示の種類の主効果が有意であり（設置方法B： $F(5,55)=8.495$, $p<.001$ ；設置方法C： $F(5,55)=11.117$, $p<.001$ ）、多重比較（Bonferroni）の結果、床面避難誘導表示の利用率は設置方法Bで床面一般誘導表示より有意に高く（ $p<.01$ ）、設置方法Cでは配置図よりも有意に高く（ $p<.01$ ）、避難口誘導灯より有意に低い（ $p<.05$ ）ことが示された。したがって、床面避難誘導表示は、他の表示と同程度にわかりやすいと評価され、利用されたと言える。

その他の表示については、配置図の利用率が一般誘導表示、避難口誘導灯よりも有意に低く（それぞれ $p<.05$, $p<.001$ ）、避難口誘導灯の利用率が床面一般誘導表示、通路避難誘導灯よりも高いことが示された（それぞれ $p<.05$, $p<.01$ ）。

② 設置方法による各種類の表示のわかりやすさおよび利用率の差異

次に、前項において検討した通路避難誘導灯および床面避難誘導表示を除く表示、すなわち、一般誘導表示、床面一般誘導表示、配置図、避難口誘導灯について、設置方法によるわかりやすさの評価と利用率の違いについて検討した。ただし、避難口誘導灯は全ての被験者が利用したので、わかりやすさ評定値のみを分析対象とした。各表示に対する平均評定値および利用率について、設置方法を被験者内要因とする分散分析を行なったところ、配置図のわかりやすさの評定値においてのみ、設置方法の主効果が有意傾向を示した（ $F(2,18)=2.751$, $p=.091$ ）。その他の表示のわかりやすさ評定値および全ての表示の利用率では、設置方法による差は認められなかった。すなわち、床面避難誘導表示の設置は、配置図のわかりやすさに何らかの影響を及ぼした可能性はあるものの、その他の表示の利用に影響しなかったと考えられる。

4.2.2 階段での避難誘導表示

非常階段へ続く階段室の誘導表示（場面9）は、設置方法Aでは表示は何もなく、設置方法Bでは階段昇降方向表示、設置方法Cでは階段昇降方向表示と通路避難誘導灯が設置された（図5）。

表5 場面9における各表示の利用率およびわかりやすさの平均評定値

表示の種類	尺度	表示の設置方法			全体
		A	B	C	
階段昇降方向	利用率	-	0.400	1.000	9
		-	(0.548)	(0.000)	(0.452)
	わかりやすさ	-	3.6	4.8	4.3
		-	(1.56)	(0.39)	(1.26)
通路避難誘導灯	利用率	-	-	0.857	0.857
		-	-	(0.378)	(0.378)
	わかりやすさ	-	-	4.5	4.5
		-	-	(0.93)	(0.93)
階段室	わかりやすさ	1.7	2.8	3.3	2.6
		(1.23)	(1.40)	(1.37)	(1.48)

括弧内の数値は標準偏差，－は設置なしを表わす。

階段昇降方向表示の利用率は、設置方法Cの方がBよりも高かった（表5）。 χ^2 検定の結果、設置方法と利用者の比率との関連が認められ（ $\chi^2(1)=5.600$, $p<.05$ ）設置方法Cの方が階段昇降方向の表示を利用した被験者が多かったことが示された。

また、Wilcoxonの符号付き順位検定の結果、わかりやすさの評定値も設置方法Cの方が有意に高いことが示された（ $z=-2.232$, $p<.05$ ）。

自由記述では、設置方法Bにおいて階段昇降方向の表示の位置が高すぎるとの指摘があった（1件）。また表示の設置されなかった設置方法Aにおいては、階段内での行動の指針がなく不安であったとの記述が多く見られた。階段室内のわかりやすさの評定値は、設置方法Aが最も低く、Cが最も高くなった。Friedman検定の結果、設置方法によるわかりやすさの差が有意であった（ $\chi^2(2)=9.116$, $p<.01$ ）。

4.2.3 通路避難誘導灯の利用における設置高の影響

通路避難誘導灯の実験条件は設置高で、設置方法A, B, Cの順に、誘導灯の上端が床上60cm以上、眼高より上、床上100cm以上であった。通路避難誘導灯が設置された場面は、場面1, 2, 3, 4, 5-2, 6-2, 7の7箇所であったが、場面4は周辺の構造から設置高を変更できなかったため、分析対象から除いた。残りの場面のうち、場面1, 2, 7は被験者が誘導灯の表示面を正面に見ながらの接近、場面3, 5-2, 6-2は被験者が誘導灯を側面に見ながらの接近であった。

最短経路上の通路避難誘導灯について、被験者ごとにわかりやすさの平均評定値および誘導灯の利用率を計算し、それぞれについて全被験者の平均値を算出した。通路避難誘導灯は、被験者と誘導灯の表示面との位置関係が表示の利用やわかりやすさの評価に影響を与える可能性があると考えられるため、被験者と誘導灯の位置関係（正面・平行）別に算出した（表6）。設置方法と位置関係を被験者内要因とした分散分析の結果、わかりやすさの平均評定値について、位置関係の主効果が有意（ $F(1,10)=24.950$, $p<.001$ ）で、誘導灯が被験者の正面に位置したときの方が、側面に位置したときよりもわかりやすいと評価されたことが示された。また、設置方法の主効果が有意傾向を示した（ $F(2,20)=3.187$, $p=.063$ ）。利用率については、位置関係の主効果が有意であり（ $F(1,11)=39.990$, $p<.001$ ）、わかりやすさの評定と同様、誘導灯が正面に位置したときの方が側面に位置したときよりも利用されたことが示された。設置方法の主効果は有意ではなかった（ $F(2,22)=1.067$, $p=.361$ ）。



図6 各設置方法における通路避難誘導灯の設置例
（左から設置方法A, B, C. 上段から場面5-2, 7）

表6 被験者と表示の位置関係別に見た各表示設置方法における通路避難誘導灯のわかりやすさ平均評定値および利用率

	設置方法 A		設置方法 B		設置方法 C		全体	
	正面	平行	正面	平行	正面	平行	正面	平行
わかりやすさ	3.5 (1.07)	1.9 (1.24)	3.7 (0.52)	2.3 (1.35)	4.3 (0.71)	2.5 (1.38)	3.75 (0.633)	2.46 (1.128)
利用率	0.77 (0.179)	0.33 (0.427)	0.86 (0.222)	0.29 (0.403)	1.00 (0.000)	0.36 (0.389)	0.876 (0.106)	0.329 (0.275)

括弧内は標準偏差。

4.3 避難課題パフォーマンス

設置方法が移動のしやすさに影響したかどうか検討するために、避難口到達までの所要時間および移動経路の長さにおける設置方法による差を検討した。

4.3.1 避難口到達までの所要時間

各被験者がスタート地点を出発してから利用可能な避難口に到達するまでの所要時間を課題遂行中に記録したビデオ映像から算出した。

本研究においては、実験実施場所によって異なる計3台のパーソナルコンピュータを擬似環境の提示のために用いたが、これらのコンピュータは画面描画速度が異なるため、被験者の模擬環境内での移動速度に影響した可能性がある。そこで、まず、3つの設置方法を込みにして、各コンピュータを用いた被験者の平均所要時間を算出したところ、N大学およびS社では297.4秒 (SD=144.47)、E社では212.3秒 (SD=172.57)、I社では151.3秒 (SD=51.48) となった。分散分析の結果、これらのコンピュータによる所要時間の差に有意傾向が認められた ($F(2,33)=3.029$, $p=.062$)。

表7 避難口到達までの所要時間の表示の設置方法による比較

	設置方法			全体
	A	B	C	
平均時間	280.2 (197.65)	265.6 (130.81)	230.8 (107.32)	258.8 (147.37)
平均順位	1.8	2.3	1.9	2.0

平均時間の単位：秒。括弧内は標準偏差

したがって、まず設置方法ごとに全被験者の平均所要時間を算出し、比較を行なった (表7)。その結果、現状に準じた設置とした設置方法Aでの所要時間が最も長く、避難誘導表示を一般誘導表示より優先させ、吊り下げ型の表示を多用した設置方法Cが最も短かった。しかし、一要因の分散分析をおこなったところ、これらの差は有意ではなかった ($F(2,22)=.404$, $p=.672$)。更に、Friedman 検定による確認をしたところ、設置方法間の所要時間の差は認められなかった ($\chi^2(2)=1.167$, $p=.654$)。

4.3.2 移動経路の長さ

全ての被験者の移動経路を①避難口までの最短距離の経路であったかどうか、②出火地点に接近したかどうかの2点を基準に、次の3つに分類した。

経路1： 出発地点から避難口までの最短経路

経路2： 最短経路ではないが出火地点には接近しない経路

経路3： 最短経路ではなく出火地点に接近する経路

出火地点は利用可能な避難口と対角にあり、出火地点への接近は移動距離が長くなることを意味する。同時に、出火地点となった出入管理所の位置を認知できなかったことの出出と見なすこともできる。各分類の代表例を図7に示す。

表8は、各設置方法における3つの移動経路の選択者数を示したものである。最短距離を移動した被験者が多かったのは設置方法AとCで、最も少なかったのは設置方法Bであったが、 χ^2 検定の結果、設置方法と移動経路の間に有意な関連は認められなかった ($\chi^2(4)=2.750$, $p>.1$)。

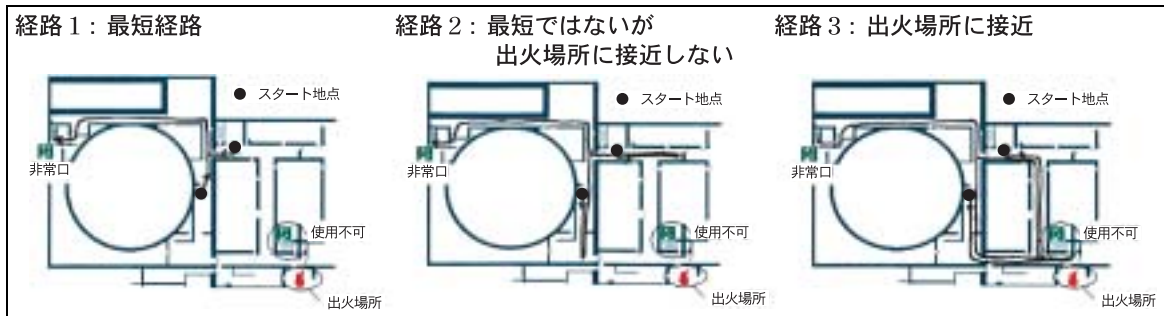


図7 被験者の移動経路の分類

表8 各移動経路パターンに分類される被験者数の設置方法による比較

	設置方法	移動経路			計
		経路1	経路2	経路3	
	A	6	3	3	12
	B	4	4	4	12
	C	6	1	5	12
	計	16	8	12	36

単位：人

5. 考察

総合的な評価は設置方法Cが最も高く、現状に準じた設置方法Aが最も低かった（表2）。個々の表示に対する評価にほとんど差がなかったにもかかわらず設置方法Cが総合的にわかりやすかったとされた理由は、本研究からは明らかでないが、以下のような可能性が考えられる。

第1に、床面避難誘導表示の存在である。設置方法B、Cでは、通路避難誘導灯の間にも床面避難誘導表示を設置した。全体的に見ると床面避難誘導表示の利用率やわかりやすさは他の表示より特に高くは

表9 直線通路における床面避難誘導表示と通路避難誘導灯との利用率およびわかりやすさ評定値の比較

	床面避難 誘導表示	通路避難 誘導灯	df1	df2	F
利用率	.854 (.198)	.424 (.401)	1	11	14.227 **
わかりやすさ	4.2 (.580)	2.5 (1.251)	1	11	31.373 ***

括弧内の数値は標準偏差。 ** p<.01, *** p<.001

なかった（表4，表3）。しかし、床面避難誘導表示の設置によって表示間の間隔が狭くなるため、特に直線通路におけるわかりやすさが増した可能性がある。事後的に、場面5-1および6-1に設置された床面避難誘導表示と、これらと近接する場面5-2および6-2に設置された通路避難誘導表示の利用率とわかりやすさを比較したところ、床面避難誘導表示の方が利用率、わかりやすさの評定値ともに有意に高かった（表9）。ただし、設置方法BとCの間には差がなく、設置方法Cの総合評価の高さに対する説明には不十分である。

第2に考えられる理由は、課題のゴール地点となった階段室のわかりやすさが総合的な評価に反映した可能性である。階段室内に設置された階段昇降方向の表示および階段室内のわかりやすさは、設置方法CがBよりもわかりやすいと統計的に有意な差が認められた数少ない点であった（表5）。自由記述においても、何も表示が設置されていなかった設置方法Aにおける被験者の不安やいらだちが報告されており、課題の最後の印象が総合的な評価に影響を及ぼしたことは十分に考えられる。

第3に考えられるのは、個々の場面における評価の微細な差が総合評価に反映された可能性である。

個別の表示のうち、通路避難誘導灯については設置方法によるわかりやすさの差に統計的な有意傾向が認められている（表6）。また、自由記述では、通路避難誘導灯の位置について、設置方法Aでは低い（場面1-1, 6-2, 7）、設置方法Bでは高い（場面1-1, 1-3）との指摘が散見された。設置方法Cについては設置高に関する指摘は見られなかった。このような点を考慮すると、被験者によっては、設置方法A、Bにおいて、パ

パフォーマンスとしては現れないものの、不都合を感じる場面があったかもしれない。記述数が少ないので断定はできないが、これらの指摘に従えば、通路避難誘導灯は設置方法Aの床上600mm設置では低すぎ、設置方法Bの眼高あるいは一般誘導表示より高い位置への設置では高すぎるということになる。

もちろん、これら全ての要因が影響を及ぼしていることも考えられる。これらの可能性について検証するためには実験条件をより洗練した実験が必要である。しかし、設置方法Cが最も優れていると評価された要因と考えられる設置方法をまとめることも意味のあることであろう。すなわち、①通路避難誘導灯の間の床面避難誘導表示の設置、②階段室内のような閉鎖的な空間における行動を誘導する階段昇降方向などの適切な表示の設置、③通路避難誘導灯は設置方法Cに従った床上1000mm程度での設置、である。

実験結果からは、実験条件として設定した設置方法以外にも考慮すべき点があることが示唆された。表示の利用率およびわかりやすさの分析の過程において、表示の設置面と歩行者の位置関係の影響が示された。特に、通路避難誘導灯は、歩行者の接近方向によって表示面が被験者の側面になったときに、利用されにくく、わかりにくいと評価された。自由記述においても、通路避難誘導灯が被験者の側面に進行方向と平行に設置されていたために視野に入らなかったとの指摘が見られた。特に、実際の避難行動ではより有効視野が狭くなると考えられるので、避難誘導において重要な箇所では、あらゆる方向からの接近に対応できる表示の設置が必要であろう。

6. まとめ

本研究において発電所の模擬環境内での避難行動を求めた結果、避難誘導表示の設置方法について、以下の4つの知見が得られた。

- ① 通路避難誘導灯の間に床面避難誘導表示を設置することは、特に直線通路において有効である。
- ② 階段室内のように閉鎖的な空間では、階段の昇降方向など最終目的地である避難口まで適切に移動方向を導く表示が必要である。
- ③ 通路避難誘導灯の設置高は、表示の上端が床面より1000mm程度とするのが適当である。床面より600mmでは低く、眼高より上では高い。

- ④ 壁面設置する場合には、移動者が接近する方向によって見づらくなる。避難経路上の意思決定が必要となるような重要な地点では、あらゆる方向からの接近に対応できるように表示を設置する必要がある。

謝辞

本研究に用いた擬似環境の作成において、(財)日本色彩研究所 江森敏夫氏に甚大なるご助力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 福井宏和・名取和幸・赤木重文・桜井 幸博 1998
原子力発電所におけるサインシステムの検討
Journal of Institute of Nuclear Safety System, **5**, 87-99.
- 神忠久, 山田常生, 河合悟, 高橋貞雄 1987 誘導灯の誘目性に関する実験 火災, **37**, 36-42.
- 河内まき子・持丸正明・岩澤洋・三谷誠二 2000 日本人人体寸法データベース1997-98 通商産業省工業技術院くらしとJISセンター
- 近代消防社 1998 注解消防関係法規集 10年度新版 (自費出版)
- 日本建築学会(編) 1980 建築設計資料集3集一 単位空間 I 丸善
- 佐野郁・志田弘二・佐野友紀 2001 避難誘導灯の誘目性に関する実験的研究 パーチャルリアリティ技術を活用した実験結果の報告 日本火災学会研究発表会概要集, **2001**, 440-443.
- 中央労働災害防止協会 1993 労働安全標識に関する調査研究委員会報告書 (自費出版)
- 山田常圭 2000 火災学会50周年その5 建築防火の50年と新世紀への展望 火災時の避難行動調査及び避難行動実験とその支援機器開発にかかわる研究推移 火災, **50**, 27-31.